

명시선호(Stated Preference) 방법에 의한 인천남외항 컨테이너 물동량 추정*

Estimating Container Traffic of New Incheon Outer-South Port Using Stated Preference Methodology

전일수** · 김혜진*** · 김진원***

목 차

I. 서론	1. SP 조사모형의 추정 결과
II. SP기법의 이론적 배경	2. SP 모형의 탄력성 산출 결과
III. SP조사의 구성과 모형의 추정	V. 물동량 추정
IV. 추정의 결과	VI. 결론

Key Words: SP(Stated Preference), choice of port, Estimating container traffic, Traffic forecast

Abstract

Traditional traffic forecast has employed regression analysis or time-series analysis based on past trends of explanatory variables. However, not existing but planned port facilities do not have historical data for traffic estimation. Consequently, arbitrary traffic allocation has been subject to researcher's intuition. In this paper, container throughput at New Incheon Outer-South Port will be estimated using stated preference(SP) and sample enumeration methodology on the basis of survey data about the choice behaviors of port users in a theoretical situation.

In the SP survey, shippers, freight forwarders and carriers were required to answer a choice between two alternative ports: Busan and Incheon. Although total 27 scenarios of questionnaires were constructed with 3 levels of 3 explanatory variables, each interviewee was asked to answer for just 9 scenarios chosen at random. A binary choice logit model was applied to the survey data. The elasticity of travel time is estimated to be very high, implying that building New Incheon Outer-South Port could be effective in relieving the congestion of the Kyungin corridor. The analysis result shows that increasing service level at Incheon Port would bring in the substantial diversion of container cargo in the Capital region to Incheon Port from Busan Port.

* 본 연구는 한국과학재단 지정 인천대학교 동북아전자물류연구센터의 지원에 의한 것이며, 본 연구의 SP추정에는 교통개발연구원의 김강수 박사와 유재광 연구원의 도움이 있었다.
 ** 인천대학교 동북아물류대학원 원장, junis50@incheon.ac.kr, (032)770-8871
 *** 인천대학교 국제물류연구소 연구원, dallea@empal.com; skyhawk2@incheon.ac.kr

I. 서론

새로운 항만을 건설하거나 계획하는 정부나 투자기관에 있어 가장 기본적인 것은 물동량 예측이다. 통상적으로 우리나라의 항만 물동량 예측은 한국해양수산개발원(KMI)이 담당해왔다. KMI의 물동량 추정방법은 과거의 추세에 가장 잘 부합되는 계량 모형을 도출하고 이 추세식을 이용하여 향후 경제성장률과 세계무역 및 해운·항만환경 변화 등을 전제로 하여 미래 물동량을 추정하는 전통적 방법이었다. 그러나 신규 항만 건설시 수요예측은 과거 시설이 없었거나 또는 시설 부족이라는 제약조건하에 있으므로 단순 추세식을 바탕으로 하는 기존의 추정 방법은 부적절한 면이 있었다. 따라서 개별 항만의 물동량을 추정하는 경우 연구자의 자의적 판단과 직관에 의해 항만간 물동량을 배분하는 방식을 취한 경우가 많았다.

본 연구에서는 SP(stated preference)설문조사를 이용하여 항만이용자들이 일정한 조건하에서 어떤 항만을 이용할 것인가에 대한 의향을 묻는 개인별 자료를 수집한 후에 로짓(logit)모형으로 추정하여 신규항만에 대한 물동량을 과학적으로 예측하는 새로운 시도를 모색하고자 한다.

SP조사방법은 그 해석상의 한계에도 불구하고 현재 존재하지 않는 정책변수의 수준에 대한 반응이나 새로운 정책수단의 효과를 분석하는데 매우 유용하다는 장점에 따라 교통관련 연구에서 널리 사용되고 있다. 국외에서는 영국정부가 1980년, 1986년에 통행 시간가치를 SP기법으로 조사하였으며 RP자료로 분석된 연구결과와 비교한 후 SP기법의 결과를 공식적으로 수용함으로써 SP기법에 신뢰성을 부여한 것을 발단으로 1980년대 후반에 SP기법이 본격적으로 시간가치 외에 다양한 분야에 적용되었다.

지금까지 국내에서는 SP조사기법을 활용하여 항공수요 분석, 항공여객수요의 가격탄력성 분석(이성원 외, 2000), 교통수요 탄력성 조사(이성원 외, 1999), 주차장 선택모형 구축에 SP선택자료를 사용하여 주차정책의 시사점을 분석하였으며(김강수, 1995), 지방도시의 교통수단 선택요인 분석(금기정 외, 1992) 등 교통수단의 선택요인에 대한 탄력성, 선호분석 등에 활용해왔다. 그러나 국내외적으로 해운·항만분야의 연구에서는 SP조사기법이 시도된 적이 없었다.

본 연구에서는 미래 인천남외항의 컨테이너터미널 개발규모를 결정하기위해 이 부문에서는 국내외적으로 최초로 SP방법론을 채택하여 컨테이너 물동량을 추정하고자 한다. 서론에 이어 II절에서는 SP기법의 이론적 배경을 살펴보고, III절에서는 SP조사의 구성과 모형의 추정, IV절에서는 추정의 결과를 제시하며, V절에서는 추정된 결과를 바탕으로 컨테이너 물동량을 추정하였다.

II. SP기법의 이론적 배경

개개인의 사회경제적 특성과 선택 대상 항만 수간의 특성에 따른 개인별 항만선택의 사결정 자료를 이용하여 각 설명변수의 영향력을 분석하는 개별행태모델 (discrete choice model)은 추정에 사용되는 자료의 종류에 따라 RP(revealed preference: 현시선호)모형과 SP(stated preference: 명시선호)모형으로 구분된다. RP모형은 현재 항만을 이용하고 있는 이용자들에게 관한 자료처럼 실제 선택행위에 관한 자료에 기초하여 예측모형을 추정하는 방식이며, SP모형은 가상적 상황 하에서 잠재적 이용자의 선택여부를 묻는 설문조사 자료를 사용하는 방식이다.

SP방법론은 그 해석상의 한계에도 불구하고 새로운 정책수단 또는 시설의 효과를 분석하는데 유용하다는 장점 때문에 널리 적용되고 있으며 방법론상의 한계 또한 개선되어 왔다. 특히 일반적으로 항만수요의 가격 탄력성 자체가 절대적 가격수준에 따라 달라지므로 정책적인 관점에서 더욱 유용한 탄력성의 개념은 점 탄력성(point elasticity)가 아니라 호 탄력성(arc elasticity)이며, 광범위한 가격대에 대한 호 탄력성의 추정이 SP 방법론에 의하여 실제적으로 가능하다는 점이 큰 장점이다.¹⁾

SP조사기법은 1960년대 수리심리학(mathematical psychology)에서 비롯되었다고 할 수 있다.²⁾ 수리심리학자 Luce and Turkey(1964)는 개인이 어떻게 정보를 혼합하여 의사결정에 이용하는지에 대한 연구를 통해 “결합측정법(conjoint measurement)”³⁾라는 용어를 처음 사용하였다. 수리심리학에서 시작된 SP기법의 실제적인 적용은 경제학, 특히 마케팅 분야에서 본격적으로 이루어졌다. 이와 함께 SP기법은 1970년대 초에 교통분야에 도입되기 시작하여 1980년대에는 SP기법을 이용한 다양한 연구가 발표되었다.⁴⁾

1) RP와 비교하여 SP조사의 장점을 간략히 요약하면 다음과 같다.

- RP Data에서 흔히 나타나는 변수들간의 다중공선성(Multicollinearity)을 피할 수 있음.
- RP Data보다 더욱 광범위한 선택대안 변수의 분석이 가능함.
- 현재 존재하지 않는 요소의 특성에 대한 분석이 가능함.
- 탄력성 분석의 경우 Sample Enumeration 방식에 의하여 보다 이론적으로 정확한 호 탄력성(arc elasticity)의 추정이 가능. (SP 조사 기법의 장점에 관해서는 Kores and Sheldon(1988)을 참조.)

2) M. Wardman, *An Evaluation of the Use of Stated Preference and Transfer Price Data in Forecasting the Demand for Travel*: Ph.D. Thesis, Univ. of Leeds, 1987.

3) “Conjoint”의 의미는 사전적 의미로서, “연합(unite)”을 뜻함. Luce and Turkey에 의해 의미되었던 바는 개인의 의사결정에 있어서 선택대안은 다양한 변수의 특성 측면을 가중 혼합한 것으로 파악하여 선택대안들을 고려한다는 것이다.

4) 이와 함께 SP자료의 한계(예를 들어 스케일 요소 문제 등)도 본격적으로 인식되기 시작하였다.

항만을 선택하는 이용자의 행동은 경제학적 효용이론(utility theory)에 의해 설명될 수 있다. 어떤 이용자 k 가 특정 항만 i 를 선택하는 것은 다른 항만 j 보다 항만 i 를 선택할 때 더 높은 효용(U)을 얻기 때문이며, 이는 다음 식으로 표현된다.

$$U_{ik} > U_{jk} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} \text{단, } & i \neq j \\ & i = 1, 2, \dots, I \\ & j = 1, 2, \dots, J \\ & k = 1, 2, \dots, K \end{aligned}$$

이러한 관계식에 의해 이용자의 선택이 이루어지는 것을 확정적 선택(deterministic choice)이라고 한다. 이 식에 의한 항만 선택은 시설제약이나 이용자 선호의 차이가 반영되지 못한 채 가장 높은 효용을 가져다주는 항만 i 가 언제 어디서나 100% 선택되는 것을 의미하게 되어 현실과는 거리가 있다.

한편 효용은 높아도 공급제약에 의해 특정 항만의 선택이 제약을 받거나 특정 이용자도 똑같은 조건이 반복적으로 주어질 경우에 늘 같은 수단을 선택하는 것은 아니다. 또 동일한 상황 하에서도 이용자에 따라 선택하는 항만이 모두 다 똑같은 것이 아니라는 현실은 확률적 선택(stochastic choice)으로 설명된다. 이 때 각 대안별 효용 U_i 는 아래의 수식과 같이 관찰이 가능하면서 항상 특정 설명변수들의 값에 의해 결정되는 일정한 효용 V_i 와, 관찰이 불가능하거나 효용함수에 포함된 설명변수로는 반영되지 않는 오차항 ξ_i 로 구성되며, 이 오차항의 성격에 따라 확률이론에 의거하여 효용함수가 추정되는 것이다.

$$U_i = V_i + \xi_i \tag{2}$$

즉 효용 V_i 는 아래의 수식과 같이 수요와 공급의 변수 X_i 를 설명변수로 하고 그 계수값을 a 로 하는 함수식으로 표현되는데, 이 함수를 선택함수(choice function)이라고 하며 연구자는 확률이론에 따라 계수 a 를 추정하게 된다.

$$V_i = a_i X_i \tag{3}$$

만약 오차항 ξ_i 가 모든 개인별 자료에서 독립적이고 동일한 특성으로 분포되었다(independent and identically distributed)고 가정하면 ξ_i 는 Gumbel분포(double

exponential distribution)를 한다. 이 경우 항만 i 가 선택될 확률은 아래 수식과 같으며 이를 이용한 수요예측방법을 다항로짓모형(multinomial logit model)이라고 한다. 만약 오차항이 독립적이고 동일한 특성으로 분포된다는 가정이 성립하지 않는 경우에는 같은 프로빗모형(probit model)을 이용하는데, 이때는 오차항이 평균 0인 정규분포를 한다는 가정을 따르게 된다.

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_i e^{V_i}} \quad \text{단, } e=\text{exponent} \quad (4)$$

항만수요예측에는 로짓모형이 모형의 적용과 해석, 계수 추정에 있어서 프로빗모형보다 더 용이하므로 더 많이 사용된다. 실제로 모형을 추정할 때에는 만약 항만 i 와 항만 j 의 양자간 선택을 묻는 설문자료라면 종속변수에는 항만 i 를 선택한 사람에게 1의 값을 주고 항만 j 를 선택하는 사람에게는 0의 값을 주게 되며, 이때 각각의 설명변수의 값들을 X_i 에 대입하여 계수 a 를 추정하게 된다. 계수 a 의 추정으로 완성된 식에 특정 시점이나 특정 이용자의 설명변수의 값들을 대입하면 항만 i 를 선택할 확률 P 가 0과 1 사이의 값으로 구해진다.

Ⅲ. SP조사의 구성과 모형의 추정

선호의식조사는 비용 면이나 활용도 측면에서 많은 장점을 갖는다. 그러나 가상적인 선택상황을 고려하게 되므로 실험계획이 너무 복잡해질 경우 정보에 혼란이 개입될 우려가 있고, 사람들의 관심에서 제외되는 선택변수에 대해 응답자가 신경을 쓰지 않는 경우가 발생할 우려가 있다. 특히 응답자들이 결과에 관심을 가지게 되어 응답에 정책적인 편향(bias)이 발생하는 경우, 또는 응답자들이 상황변화를 고려하지 않고 기존의 행동에 맞춰 응답하는 경우에는 실제와 다른 결과가 도출될 우려가 있다. 따라서 본 연구는 이러한 점을 고려하여 조사표 설계 시 항만선택에서 가장 중요한 비중을 차지하는 요인을 찾아 문항을 단순화시켰다.

본 연구는 인천남외항 컨테이너터미널 건설에 따른 수도권 화주의 항만선택행위를 파악하는데 목적이 있다. 그러므로 수도권 화물의 90%가 부산항을 사용하고 있다는 사실에 기인하여 부산항과 인천항을 선택 대안으로 결정하였다.⁵⁾

5) 물론 수도권 컨테이너화물의 경우 광양항과 평택항을 이용하기도 하지만 실제적으로 이 두

화주, 선사, 포워더가 국내 수출입 항만을 정할 때 속성변수는 항만 이용 변수들을 고려하여 화물 출발지에서 항만까지의 소요시간, 항만까지 운송비용, 항만서비스 총 3개의 속성변수를 제시하였다. 항만까지 소요시간과 항만까지의 운송비용은 수도권에서 출발하는 화물을 기준으로 정하였다. 항만까지 운송비용은 국내 화물의 대부분이 도로와 철도를 통해 운송되므로 두 가지 교통수단을 이용하는 것으로 전제하였다. 실제로 본 연구에서 조사한 바나 무역협회에서 조사한 결과⁶⁾ 모두 두 교통수단의 1TEU당 운송비용이 같은 것으로 조사되었으므로 수단에 따른 비용차이는 고려하지 않았다. 한편 항만서비스는 항만 경쟁력을 총칭하는 개념으로 시설, 항만 부대비용, 항만지원서비스, 연계수송 서비스, 정보통신서비스, 항로의 다양성확보, 마케팅(각종 인센티브), 전용부두 시스템 등이 포함된다. 항만을 선택할 때 화주와 포워더, 선사는 항만이 가진 경쟁력을 총체적으로 인식하여 항만을 선택하므로 부분적인 항만 서비스를 평가 지표로 삼는 것은 현실적이지 않다고 보았다. 그러므로 본 연구에서는 총체적인 항만의 경쟁력을 서비스 수준이라 정의하였다.

속성변수의 수준수(number of levels)를 결정할 때 응답자의 혼란을 줄이기 위해서는 수준수를 줄일 필요가 있는 반면 상충관계(trade-off)의 범위를 줄이고 응답자들의 실제 경계치를 정확히 추정하기 위해서 더 많은 수준수가 필요하게 된다. 그러나 수준의 수를 늘릴수록 고려해야 할 시나리오의 수가 기하급수적으로 늘어나는 문제가 발생하므로 수준수는 고려될 변수의 특성 및 개수를 고려하여 결정하여야 한다. 본 SP조사에서는 두 번의 모의실험을 통해 SP설계를 2가지 대안에 3가지 속성변수로 결정하고 각 변수의 수준을 3수준으로 설정하였다.

응답자들에게 시나리오에 대한 현실감을 주고, 각 대안의 속성 변수 간에 상쇄효과가 제대로 반영되는 시나리오를 작성하기 위해서는 각 속성변수들의 초기값과 수준 폭을 적절하게 설정하여야 한다. 시간변수는 수도권에서 부산 또는 인천까지 도로 혹은 철도로 운송되는 평균값을 중간 값으로 설정하였다. 운송시간은 화물출하 준비시간 혹은 도로의 사정에 따라 그 차이가 크게 나타나므로 현장 실사에 의해 최대 19시간 최소 3시간의 차이를 갖도록 설계하였다.

컨테이너 1TEU를 운송하는 비용은 인천항과 부산항까지 운송되는 시간만큼 큰 차이

항만은 많은 화주나 포워더, 선사들이 이용해보지 않았거나 불동량이 미미한 것으로 나타났다. 따라서 현재 대부분이 이용 중인 부산항과 인천항 간의 속성변수가 설문에서 설계된 수준으로 변할 경우 선택하게 되는 양자선택(binary choice)자료를 로짓모형에 적용하는 방식을 적용하였다. 다항로짓모형을 사용하지 않은 이유는 SP조사의 경우 질문내용상의 여러 가지 속성변수가 가상의 상황에서 여러 단계로 변하는 경우 다중선택(multiple choice)은 응답자의 분석능력에 커다란 부담으로 작용할 수 있기 때문이다. 따라서 최근의 SP연구 동향은 다중선택보다는 현실에 기초한 양자선택이 주류를 이루는 경향을 보이고 있다.

6) 무역협회 하주사무국, '대형하주 철송이용실태 및 활성화방안', 2004. 4.

를 나타내진 않으나 인천항까지의 운송비용이 부산항까지의 운송비용을 넘지는 않으며 시간이 갈수록 물가상승, 유가상승 등으로 물류비의 상승효과가 일어날 것으로 보아 현재 각 항까지의 비용을 최저값으로 하고 인천항의 최고값이 부산항의 최저값과 같도록 선정하였다.

현재 물류비용과 시간만을 고려하면 수도권을 기·종점으로 하는 화물이 부산항보다 인천항으로 운송되는 것이 당연한 선택이다. 그러나 실제로는 수도권 화물의 대부분이 부산항을 이용하고 있다. 항만 이용자들이 부산항을 선호하는 이유는 부산항이 가지고 있는 항만의 경쟁력인 항만서비스 정도가 시간과 비용의 불이익보다 크기 때문이다.

본 설문조사가 의미를 갖기 위해서는 서비스 수준의 수준 차에 응답자들의 실제 경제치를 정확하게 반영하도록 설계하는 것이 가장 중요하다. 서비스 수준의 수준폭은 현재 부산항의 서비스 수준을 100으로 하고 향후 건설될 인천남외항의 컨테이너 터미널 서비스 수준을 부산항 서비스 수준 대비(%)로 계산하여 정하였다. 서비스 수준에서 인천남외항이 부산항보다 우위를 차지하면 당연히 인천항을 선호하게 될 것이나 부산항 또한 계속 발전적 위치에 있으므로 인천항의 서비스 수준은 최저값으로 현재 부산의 0.5배, 최고값으로 현재 부산의 3배로 정하였다. 부산항의 서비스 수준은 현재 수준, 현재 수준의 3배, 현재 수준의 5배로 정하였다.

<표 1> 선호의식조사에 적용된 속성변수 초기값 및 수준값

구분	시간			비용(\$)			서비스 수준		
	1수준	2수준	3수준	1수준	2수준	3수준	1수준	2수준	3수준
부산	10	16	22	300	400	500	100	300	500
인천	3	5	7	100	150	300	50	150	300

주: 컨테이너화물 1TEU가 수도권에서 출발, 현재 부산항 서비스 수준을 100으로 선정함.

본 연구에서는 선호의식조사에서 통상적으로 적용되고 있는 실험계획법(김강수, 2001)을 이용하여 3개 수준, 3개 변수를 가지고 상호작용을 하는 27가지로 시나리오를 정하였다. 이를 한 응답자에게 모두 질문할 경우 한 사람이 너무나 많은 응답을 하게 되므로 정확도가 떨어질 우려가 있다. 따라서 조사표를 작성할 때에는 27가지 질문을 무작위로 세 타입으로 나누어 한명의 응답자가 9개씩 응답을 할 수 있도록 구성하였다.

본 조사에서는 유효한 SP조사를 실시하기 위해 조사전문기관에 의뢰하여 훈련된 면접원에 의한 개별면접조사를 실시하였다. 조사대상은 수도권에 본사를 가지고 있는 포워드, 선사, 하주를 대상으로 무작위 표본추출방법을 적용하였다. 조사는 2004년 2월 12일부터 2월 23일까지 총 14일간 121개 회사를 대상으로 수행되었다. SP조사의 설문 문항은 <표

7) 총 11페이지 분량의 설문지로 1~5페이지는 일반 문항이며, 6~11페이지는 30개 문항의 SP조사

2>의 설계표에서 9문항씩 3종류로 나누어 조사대상에게 동일한 비율로 배포하였다.

<표 2> 부산항과 인천항의 수단 선택 SP Design (조사표)

선택 질의	부 산 항			인 천 항		
	시간	비용	서비스수준	시간	비용	서비스수준
1	10	300	100	3	100	50
2	10	300	300	5	300	300
3	10	300	500	7	150	150
4	10	400	100	5	150	300
5	10	400	300	7	100	150
6	10	400	500	3	300	50
7	10	500	100	7	300	150
8	10	500	300	3	150	50
9	10	500	500	5	100	300
10	16	300	100	5	150	150
11	16	300	300	7	100	50
12	16	300	500	3	300	300
13	16	400	100	7	300	50
14	16	400	300	3	150	300
15	16	400	500	5	100	150
16	16	500	100	3	100	300
17	16	500	300	5	300	150
18	16	500	500	7	150	50
19	22	300	100	7	300	300
20	22	300	300	3	150	150
21	22	300	500	5	100	50
22	22	400	100	3	100	150
23	22	400	300	5	300	50
24	22	400	500	7	150	300
25	22	500	100	5	150	50
26	22	500	300	7	100	300
27	22	500	500	3	300	150

앞에서 설계된 조사표를 토대로 사용하여 부산항 및 인천항에 대한 효용함수식을 다음과 같이 설정하였다.

$$V_{\text{부산항}} = \alpha \text{TIME} + \beta \text{FARE} + \gamma \text{SERVICE} + \sigma D$$

$$V_{\text{인천항}} = \alpha \text{TIME} + \beta \text{FARE} + \gamma \text{SERVICE} \tag{5}$$

로 구성되었다.

여기서, $TIME$ = 내륙운송시간 (단위: 시간)

$FARE$ = 내륙운송비용 (단위: \$)

$SERVICE$ = 서비스수준

D = 더미변수

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ = 추정계수

본 연구는 총 두 가지의 대안으로 구성하였으며 첫 번째 대안은 부산항 선택, 두 번째 대안은 인천항 선택을 나타낸다. 효용함수에 대한 항만간 구별을 위해 부산항에 대한 효용함수식에 δ 를 더미변수로 추가하였다.

IV. 추정의 결과

일반설문조사를 통해 설문응답 업체의 화물 기·종점 분석과 현재 항만 이용 현황을 조사하였다. 공장분포 비율은 응답 업체의 공장 분포 비율은 수도권(55%), 영남권(25%), 서울(7%), 전라권(6%), 충청권(5%), 강릉권(1%)로 응답 업체의 62%가 생산 공장을 수도권에 가지고 있는 것으로 나타났다. 본 연구는 수도권에 본사를 가지고 있는 선사, 화주, 포워더를 대상으로 조사를 하였으나 실제 화물의 기종점은 다른 것으로 나타났다. 그러나 SP조사시 응답자의 공장위치가 나타나에 따라 수도권과 비수도권으로 나누어 분석 할 수 있었다.

응답 업체의 수출입 컨테이너 화물의 국내 항만 이용 현황을 분석한 결과 89.3%가 수출입 컨테이너 화물의 주 이용항만으로 부산항을 이용한다고 대답하였다. 부산항 다음으로 인천항, 광양항 순으로 응답하였다.

컨테이너 화물의 60~100%를 부산항을 통해 운송하는 업체는 76.8%인 반면 인천항을 이용하는 업체는 4.9%, 광양항을 이용하는 업체는 2.5%, 평택항은 0.9%, 기타 항만은 2.5%로 집계되었다. 결국 90% 이상의 응답업체가 부산항을 주 이용항만으로 활용하고 인천항과 광양항을 보조항으로 이용하는 것으로 분석되었다.

1. SP 조사 모형의 추정 결과 8)

SP조사 모형의 추정결과는 <표 3>, <표 4>와 같다. 분석은 전체응답에 대한 모형 분

8) 본 연구에서 로짓모형의 파라미터의 추정은 로짓모형 추정에 보편적으로 사용되는 ALogit 프로그램⁸⁾을 이용하였다.

석과 응답자의 화물 기종점 위치에 따라 수도권과 비수도권으로 나누어 진행하였다.

<표 3> 전체 응답자에 대한 SP 모형의 계수 및 t-값

설명변수	파라메타		
	추정치	T value	표준오차
운송시간 (α)	-0.03868	-2.9	0.0135
운송비용 (β)	-0.002615	-4.3	0.000614
서비스수준 (γ)	0.002525	6.3	0.000402
부산항더미 (δ)	-0.3689	-1.8	0.211
자료 수	부산항 선택 : 301 (27.7%), 인천항 선택 : 787 (72.3%)		
L(0)	-754.1441		
L(θ)	-609.0142		
$\rho^2(0)$	0.1924		

<표 4> 응답자의 공장위치에 따른 SP 모형의 계수 및 t-값

설명변수		파라메타		
		추정치	T value	표준오차
운송시간 (α)	수도권	-0.03150	-1.6	0.0200
	비수도권	-0.03642	-1.8	0.0202
운송비용 (β)	수도권	-0.003458	-3.9	0.000896
	비수도권	-0.001697	-1.9	0.000910
서비스수준 (γ)	수도권	0.003507	5.7	0.000612
	비수도권	0.001836	3.1	0.000588
부산항더미 (δ)	수도권	-0.5774	-1.8	0.315
	비수도권	-0.3936	-1.2	0.315
자료 수	수도권	부산항 선택: 141 (25.3%), 인천항 선택: 417 (74.7%)		
	비수도권	부산항 선택: 134 (29.2%), 인천항 선택: 459 (70.8%)		
L(0)	수도권	-386.7761		
	비수도권	-318.1546		
L(θ)	수도권	-289.8729		
	비수도권	-268.9694		
$\rho^2(0)$	수도권	0.2505		
	비수도권	0.1546		

T value를 보면, 95%의 신뢰도에서 대부분의 변수가 유의함을 알 수 있다. 또한 모형의 적합도를 나타내는데 사용되는 ρ^2 (likelihood ratio index)의 추정치도 수용 가능한 것으로 판명되었다.⁹⁾

파라메타 추정치의 부호를 보면 운송시간, 운송비용이 마이너스(負)의 부호로 나타나 운송시간과 운송비용이 증가하면 선택의 효용이 감소한다는 것을 알 수 있다. 반면 서비스수준은 양의 부호로서 서비스 수준이 증가하면 선택의 효용은 증가하는 것으로 나타났다. 추정결과 운송시간에 대한 민감도가 가장 크게 나타났으며 운송비용에 대한 민감도는 낮게 나타났다. 서비스 수준에 대한 민감도는 수도권 내 응답자에게서 가장 높게 나타났다.

본 연구에서 대상으로 하는 것은 인천남외항에 컨테이너터미널이 개발될 경우 이용 가능한 컨테이너 물동량으로서 주로 수도권 O/D화물이 될 것이다. 따라서 수도권 수요자들의 파라미터 결과는 수도권 화주들의 움직임을 직접적으로 보여주는 것으로 판단되어 이 파라메타 값으로 인천남외항의 미래 유인 물동량을 추정하였다.

다음으로, <표 3>의 전체응답자의 추정결과를 이용하여 운송시간에 대한 운송비용 및 서비스수준의 가치를 아래의 식을 통해 계산한 결과, 시간가치는 시간당 \$14.79, 서비스가치는 서비스 1단위당 \$0.96으로 나타났다.

$$\begin{aligned}
 VOT(\text{시간가치}) &= \frac{\partial U}{\partial T} / \frac{\partial U}{\partial C} = \frac{\text{운송시간 추정치}}{\text{운송비용 추정치}} = \frac{0.03868}{0.002615} = \$14.79/\text{시간} \\
 VOS(\text{서비스가치}) &= \frac{\partial U}{\partial T} / \frac{\partial U}{\partial S} = \frac{\text{서비스수준 추정치}}{\text{운송비용 추정치}} = \frac{0.002525}{0.002615} = \$0.96/\text{서비스1단위}
 \end{aligned} \tag{6}$$

여기서, T=운송시간
 C=운송비용
 S=서비스수준

2. SP 모형 탄력성¹⁰⁾ 산출 결과

직접수요탄력성과 교차수요탄력성 식은 다음과 같다. 항만이용자 n 에게 있어서 항만 i 의 k 번째 특성을 나타내는 독립변수 x_{ink} 의 변화에 따른 항만 i 의 직접수요탄력성은 식 (7)과 같다.

9) ρ^2 는 0과 1사이에 위치하는데 일반적으로 0.2~0.4사이의 값을 가지면 좋은 적합도라고 보고 0.1정도면 수용가능하다고 판단할 수 있다.

10) 여기서, 탄력성이란 수요의 변화율을 비용, 시간의 변화율로 나눈 값으로 직접탄력성과 교차탄력성으로 구별할 수 있다. 직접탄력성은 수요의 서비스 변화가 그 항만에 대한 수요에 얼마나 영향을 주는가를 나타내며, 교차탄력성은 다른 항만에 대한 수요에 얼마나 영향을 주는가를 나타내는 척도이다.

$$E_{x_{ink}}^{P_n(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial x_{ink}} \cdot \frac{x_{ink}}{P_n(i)} = \frac{\partial \ln P_n(i)}{\partial \ln x_{ink}} = [1 - P_n(i)] x_{ink} \beta_k \quad (7)$$

항만 j 의 k 번째 특성을 나타내는 독립변수 x_{ink} 의 변화에 따른 항만 i 의 교차수요 탄력성은 식 (8)과 같다.

$$E_{x_{ink}}^{P_n(i)} = - P_n(j) x_{ink} \beta_k \quad \text{여기서 } j \neq i \quad (8)$$

식 (7), (8)에 의해 탄력성을 분석한 결과가 <표 5>에 제시되어있다.

<표 5> 탄력성 분석결과

구 분		부산항	인천항
운송비용	부산항	-0.4118	0.1575
	인천항	0.1335	-0.0511
운송시간	부산항	-0.6998	0.2677
	인천항	0.3399	-0.1301
서비스수준	부산항	0.5437	-0.2080
	인천항	-0.2641	0.1011

비용과 시간의 직접수요탄력성이 마이너스(負)로 나타나고 서비스 수준의 교차수요탄력성도 마이너스로 나타나 두 관계는 일반적인 경제이론에 부합한 것으로 보인다. 비용과 시간이 증가하면 수요가 감소하고 서비스 수준이 증가하면 수요가 증가하는 것으로 수요의 움직임이 나타났기 때문이다. 부산항과 인천항의 경쟁력에 있어 운송비용은 다른 요소들에 비해 0에 가까워 독립적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 두 항만에 영향정도를 평가하는 교차수요탄력성을 검토하면 인천항까지 운송시간의 교차탄력성이 가장 크고 그 다음 인천항의 서비스 수준의 교차수요탄력성이 크게 나타났다. 이는 인천항까지 운송시간이 감소하면 부산항 수요가 급감한다는 것을 보여준다. 인천항까지 운송시간이 10%감소하면 부산항 수요는 3.4%감소한다.¹¹⁾

운송시간 다음으로 영향을 미치는 것은 서비스 수준으로 나타났다. 인천항의 서비스 수준이 10%증가하면 부산항의 수요는 2.6% 감소하고 부산항의 서비스 수준이 10% 감소하면 인천항의 수요는 2.1% 증가한다.

11) 그러나 부산항과 인천항의 선택 요소가 완전 독립되어 있지 않으므로 감소한 수요가 모두 인천항을 선택한다고 볼 수 없다.

항만 선택 모형에서 운송시간, 비용, 서비스 수준에 대한 수요의 부산항 수요자의 탄력성이 인천항 수요자의 탄력성보다 더 크게 나타났다. 특히 부산항 수요자는 운송시간의 변화에 대해 탄력적이며 다음으로 서비스 수준에 대한 변화에 탄력적으로 나타났다.

V. 컨테이너 물동량 추정

본 연구는 인천남외항이 개발되는 경우 부산, 광양항을 이용하던 일정량이 인천남외항을 이용할 것이므로 SP조사 결과를 활용하여 인천남외항 컨테이너 유인 물동량을 전망하여 향후 인천항 물동량 수요를 전망하는 새로운 접근 방법을 채택하였다. 수도권 지역에 공장을 가진 수요자를 대상으로 분석한 운송시간, 운송비용, 서비스 수준의 파라미터 값을 효용함수 (5)에 적용하였다.

<표 6> 변수별 파라미터 값 (수도권 응답)

변수	파라미터
운송시간	-0.0315
운송비용	-0.003458
서비스수준	0.003507
부산항터미	-0.5774

현재 객관적인 사항으로 수도권 화주가 인천항이 운송시간이나 비용 면에서 우위이나 화주가 부산항을 더 많이 이용하는 것은 서비스 수준의 차이로 때문인 것으로 나타나고 있다. 본 연구에서 수행한 전문가 패널의 조사결과 현재 인천항의 서비스 수준은 중앙값(median)이 부산항의 1/3정도로 나타났다. 그러나 향후 인천남외항 컨테이너 터미널의 경우 아래와 같이 서비스 수준에 변화가 있을 것이라고 판단하여 시나리오를 구성하였다(<표 7>참조).

시나리오 1: 인천항의 서비스 수준이 현재보다 50% 증가할 경우

시나리오 2: 인천항의 서비스 수준이 부산항과 같을 경우

<표 7> 각 변수별 시나리오 수준값

구분	부산	인천	
		시나리오 1	시나리오 2
운송시간	12	3	3
운송비용	400	183.3	183.3
서비스수준	300	150	300

주: 1) 2004년 현재 인천항의 서비스 수준은 100이라고 정하였음.
 2) 운송시간과 비용은 수도권을 기준으로 평균치를 적용하였음.

<표 7>의 시나리오별 수준 값을 효용함수에 적용하여 시나리오별 효용값을 구하여 인천남외항 컨테이너터미널이 신규로 건설되어 운영될 때 수도권 물동량 중 인천항으로 유인되는 물동량을 추정하였다.¹²⁾

본 연구에서는 전국 컨테이너 물동량 전망치로 해양수산부가 수행한 해양수산부의 『전국무역항 항만기본계획』(2001)의 전망치(<표 8>)를 적용하였다. 전국물동량 중 수도권 컨테이너 물동량 비중은 『우리나라 수출입 컨테이너의 내륙 기종점 분석 및 시사점』(2002)의 컨테이너 화물 기종점 분석을 통해 나타난 28.7%를 적용하였다

<표 8> 컨테이너 수출입 물동량 전국 전망치

단위: 천TEU

구분	수입	수출	합계
2006	5,119	5,455	10,574
2011	7,214	7,650	14,864
2015	9,218	9,749	18,967
2020	12,396	13,035	25,431

주: 해양수산부, 『전국 무역항 항만기본계획 용역보고서』, 2001에서 추정된 자료.

인천남외항이 개발되지 않을 경우 인천항의 컨테이너 처리 물동량은 컨테이너 처리

12) 수도권 기종점으로 하는 물동량 중 유인 물동량 배분 비율(P)는 다음 식에서 도출되며 그 값은 각 시나리오별 물동량 배분 비율과 같다.

$$P_{(부)} = \frac{V_{(부)}}{V_{(부)} + V_{(인)}} \quad P_{(인)} = \frac{V_{(인)}}{V_{(부)} + V_{(인)}}$$

각 시나리오별 물동량 배분 비율

구분	시나리오1	시나리오2
P(부)	0.25	0.17
P(인)	0.75	0.83

명시선호(Stated Preference) 방법에 의한 인천남외항 컨테이너 물동량 추정 / 전일수·김혜진·김진원

능력을 최대 한계로 가정하였다. 따라서 물동량 전망치의 경우 인천남외항이 개발되기 전까지는 인천항의 컨테이너 처리 물동량을 최대값으로 보았으며, 개발 이후 인천항 유치 물동량은 SP조사 분석을 통해 구하였다. 한편 인천항을 이용할 수출입 컨테이너 물동량의 적·공 비율 전망치는 최근 3년간 수도권 항만(인천, 평택)의 평균비율인 20.0%를 적용하였다.

위의 가정에 의해 본 연구가 새로이 추정한 결과는 <표 9>와 같다.

<표 9> 인천항수출입컨테이너 물동량 전망

단위: 천TEU

2006	2011		2016		2020	
	시나리오1	시나리오2	시나리오1	시나리오2	시나리오1	시나리오2
1,342	2,893	3,220	3,898	4,344	4,949	5,520

주: 2006년은 인천항 처리능력을 물동량의 최대값으로 적용하였으며, 2016년 물동량은 보간법으로 산정하였음

인천항 수출입컨테이너물동량 전망을 종합하여 해양수산부의 『전국무역항 항만기본계획』(2001)상의 수출입 컨테이너 물동량 추정치와 비교해보면 시나리오1은 2011년에 2.3배, 2020년에 2.2배로, 시나리오2는 2011년에 2.6배, 2020년 2.5배로 각각 더 많이 나타났다. (<표 10> 참조)

<표 10> 인천항 컨테이너 물동량 전망 비교

단위: 천TEU

구분		2006	2011	2016	2020
『전국무역항항만기본계획』		648	1,240	1,721	2,237
SP조사 결과	시나리오-1	1,342(2.1)	2,893(2.3)	3,898(2.2)	4,949(2.2)
	시나리오-2	1,342(2.1)	3,220(2.6)	4,344(2.5)	5,520(2.5)

주: ()은 『전국무역항기본계획』 상의 예측치 대비 배수

VI. 결론

본 연구에서는 인천항과 부산항의 선택 변수의 가상적인 여건변화에 따른 항만선택 행태를 표기하는 SP조사를 통해 신규 건설되는 인천남외항 컨테이너 물동량을 추정하였다. 일반 설문을 통해 화주, 선사, 포워더 들의 기초 자료를 분석하고 인천남외항 건설에 관한 기초적인 선호도를 분석하였다. 그 분석결과와 함께 SP조사를 통해 인천남외항 건설에 따른 수도권 지역 화주, 선사, 포워더 들의 항만 선호도를 분석하고 물동량 배분 비율을 구하여 향후 인천남외항 건설시 유인될 물동량을 추정할 수 있었다.

두 항만의 운송비용, 운송시간, 서비스 수준에 대한 현실에 부합하는 가상의 시나리오를 제공하고 중요하게 반응하는 요소들을 살펴보았다. 내륙 운송시간 단축에 따라 수요자의 이동이 크게 나타났다. 또한 서비스 수준에 대한 기대치가 커서 현재 부산항의 서비스 수준이 상대적으로 인천항보다 떨어지거나 인천항의 서비스 수준이 수요자의 기대치보다 향상된다면 수요자가 크게 움직일 것으로 나타났다. 수도권에 위치한 수요자들에 대한 분석 결과로 나타난 효용함수에 의해 인천항의 서비스 수준이 향후 부산항의 1/2배 수준으로 향상될 경우와 부산항과 동일한 수준에 이를 경우를 가정하여 국내 수출입 물동량의 움직임을 예측하였다. 이 조사결과 기존의 시설계약이 있는 상황에서 전통적인 추세식의 적용은 실제 항만이용자들의 항만선택 행위를 적절하게 반영하지 못함을 알 수 있었다.

항만과 같은 기반시설은 설계를 하고 완공을 하는데 오랜 시간이 걸리기 때문에 미래 필요량을 예측하는 것이 매우 중요하다. 기존의 KMI자료들은 과거 자료를 통한 전망분석이었으나 SP조사는 현재 수요자들의 선호행태를 분석하여 유인 물동량을 추정해 낸 것으로 기존의 전망 분석보다 타당하다고 볼 수 있다. 이러한 예측은 국내외에서 처음 이루어진 것으로 이 연구가 가지고 있는 발전 가능성은 매우 유망할 것으로 판단된다. 향후 SP조사는 새로운 항만을 건설하기 전에 이용할 고객들의 선호도를 분석하고 방향을 정립하는데 유용하게 쓰일 수 있으며, 새로운 정책 결정, 서비스 방향 설정 등 다양한 분야로 사용될 가능성을 넓힐 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김강수, 『Stated Preference 조사설계 및 분석 방법론에 대한 연구(1단계)』, 교통개발연구원, 2001.
2. _____, 『Stated Preference 조사설계 및 분석 방법론에 대한 연구(2단계)』, 교통개발연구원, 2002.

명시선호(Stated Preference) 방법에 의한 인천남외항 컨테이너 물동량 추정 / 전일수 · 김혜진 · 김진원

3. 금기정 · 신연식, 「SP DATA에 의한 지방도시의 교통수단 선택요인 분석에 관한 연구」, 『대한교통회지』, 제10권, 제3호, 1992.
4. 이성원 · 박지형, 「교통수요의 가격, 소득 및 서비스 탄력성에 관한 분석」, 교통개발연구원, 1999.
5. 이성원 · 이영혁 · 박지형, 「Stated Preference 방법론에 의한 국내선 항공수요의 가격탄력성 추정」, 교통개발연구원, 2000.
6. 한국개발연구원, 「2004년도 예비타당성조사 보고서-인천남외항 건설사업」, 2004.
7. 해양수산부, 「전국무역항 항만기본계획」, 1999.
8. Bates, John, "Econometric Issue in Stated Preference Analysis," *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 22. No. 1. 1998.
9. Kores, Eric P and Sheldon Robert J. "Stated Preference Methods," *Journal of Transport Economics and Policy*, January 1988.
10. Hensher, David A., "Stated Preference Analysis of Travel Choices: The State of Practice," *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 21. No. 2. 1994.
11. Wardman, M., *An Evaluation of the Use of Stated Preference and Transfer Price Data in Forecasting the Demand for Travel*, Ph.D. Thesis, University of Leeds, 1987.